

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 11098087 A

(43) Date of publication of application: 09.04.99

11017 U.S. PTO
09/960503
09/24/01

(51) Int. Cl.
H04B 10/17
H04B 10/16
G02B 6/00
G02B 6/293
H04J 14/00
H04J 14/02

(21) Application number: 09273282

(22) Date of filing: 22.09.97

(71) Applicant: NEC CORP

(72) Inventor:
SHIMOMURA HIROSHI
HENMI NAOYA

(54) MULTIPLEXED WAVELENGTH LIGHT RELAY AMPLIFIER

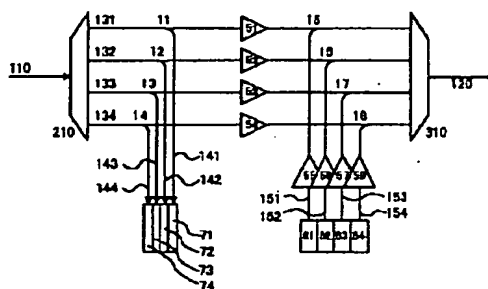
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make a relay interval long in distance and also to prevent the difference of optical levels of each wavelength.

SOLUTION: Four signal light of 1548, 1550, 1552 and 1554 nm wavelengths are subjected to wavelength multiplexing in an optical transmission line 110. These light are inputted to an optical demultiplexer 210 and outputted to different optical transmission lines 131 to 134 respectively. After the signal light of 1548 nm wavelength which is outputted to the line 131 is subjected to light amplification by a light amplifier 51, it is inputted to an optical multiplexer 310. In such cases, a light amplifier 55 is in an off state. Also, the signal light of 1548 nm wavelength that is outputted to the line 131 is partially outputted to an optical transmission line 141 which is connected to an optical branch 11 and is received by an optical receiver 71. Also, the signal light of 1548 nm wavelength which is outputted from an optical transmitter 81 to an optical transmission line 151 is subjected to light amplification when the amplifier 51 is in an off state, connected to the line 131 by an optical branch 15 and inputted to the multiplexer 310. The lines 132 to 134

where light of the other wavelength flows are connected to the multiplexer 310 through a similar configuration and outputted to an optical transmission line 120.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 9 8 0 8 7

(43) 公開日 平成 11 年 (1999) 4 月 9 日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

F I

H 0 4 B 10/17

H 0 4 B 9/00

J

10/16

G 0 2 B 6/00

C

G 0 2 B 6/00

6/28

B

6/293

H 0 4 B 9/00

E

H 0 4 J 14/00

審査請求 有 請求項の数 9

F D

(全 1 0 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-273282

(22) 出願日 平成9年(1997)9月22日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 下村 博史

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式
会社内

(72) 発明者 逸見 直也

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式
会社内

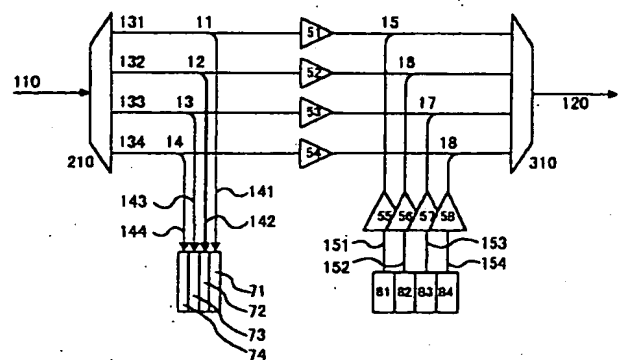
(74) 代理人 弁理士 鈴木 康夫 (外1名)

(54) 【発明の名称】 波長多重光中継増幅装置

(57) 【要約】

【課題】 中継間隔の長距離化及び、波長毎の光レベル差を生じないようにする。

【解決手段】 光伝送路110には波長1548nm、1550nm、1552nm、1554nmの4つの信号光が波長多重されている。これらの光は、光分波器210に入力されそれぞれ異なる光伝送路131～134に出力される。光伝送路131に出力された1548nmの信号光は光増幅器51で光増幅後、光合波器310に入力される。このとき光増幅器55はオフ状態である。また、伝送路131に出力された1548nmの信号光は光分岐11に接続された光伝送路141に一部が出力され光受信器71で受信される。また、光増幅器51がオフ状態の時に、光送信器81から光伝送路151に出力された波長1548nmの信号光は光増幅器55で光増幅され、光分岐15によって光伝送路131に接続され光合波器310に入力される。他の波長の光が流れる光伝送路132～134についても同様の構成を介して光合波器310に接続され光伝送路120に出力される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一方の光伝送路から入力された波長多重光を各波長毎に分波する光分波器と、
前記光分波器の出力に接続され波長毎に分離された光を伝送するための複数の光伝送路と、
前記複数の光伝送路にそれぞれ接続された第 1 の光分岐と、
前記第 1 の光分岐の一方の光出力分岐に接続された第 1 の光増幅器と、
前記第 1 の光分岐の他方の光出力分岐に接続された光受信器と、
前記第 1 の光増幅器の光出力に一方の光入力分岐が接続された第 2 の光分岐と、
前記第 2 の光分岐の他方の光入力分岐にその光出力が接続された第 2 の光増幅器と、
前記第 2 の光増幅器の光入力に接続された光送信器と、
前記第 2 の光分岐の光出力に接続された光合波器とを備え、
前記光合波器から他方の光伝送路へ波長多重光を出力することを特徴とする波長光 ADM 機能を備えた波長多重光中継増幅装置。

【請求項 2】 光伝送路から入力された波長多重光を各波長毎に分波する機能と分波された光を波長多重化して光伝送路に出力する機能を備えた光分合波器と、
一方の光伝送路から入力された波長多重光を、前記光分合波器へ出力し、前記光分合波器から出力された波長多重光を入力して他方の光伝送路へ出力する光サーキュレータと、
前記光分合波器に接続され波長毎に分離された光を伝送するための複数の光伝送路と前記複数の光伝送路にそれぞれ接続された第 1 の光分岐と、
前記第 1 の光分岐の一方の光出力分岐に接続された第 2 の光分岐と、
前記第 1 の光分岐の他方の光出力分岐に接続された光受信器と、
前記第 2 の光分岐の一方の光入力分岐にその光入出力が接続された第 1 の光増幅器と、
前記第 1 の光増幅器に接続された光反射ミラーと、
前記第 2 の光分岐の他方の光入力分岐にその光出力が接続された第 2 の光増幅器と、
前記第 2 の光増幅器の光入力に接続された光送信器とを備えたことを特徴とする波長光 ADM 機能を備えた波長多重光中継増幅装置。

【請求項 3】 一方の光伝送路から入力された波長多重光を各波長毎に分波し、分波された光を波長多重化して他方の光伝送路に出力する光分合波器と、
前記光分合波器に接続され波長毎に分離された光を伝送するための複数の光伝送路と、
第 1、第 2 及び第 3 の端子を有し、前記複数の光伝送路のそれぞれにその第 1 の端子が接続された第 1 の光分岐

と、

第 1、第 2 及び第 3 の端子を有し、前記第 1 の光分岐の第 2 の端子にその第 1 の端子が接続された第 2 の光分岐と、

第 1、第 2 及び第 3 の端子を有し、前記第 2 の光分岐の第 2 の端子にその第 1 の端子が接続された第 3 の光分岐と、

前記第 1 の光分岐の第 3 の端子に接続され、前記光分合波器からの光を受信する光受信器と、

10 前記第 3 の光分岐の第 2 の端子と前記複数の光伝送路のうちの他の伝送路に接続された第 3 の光分岐の第 3 の端子の間に縦続接続され、前記分合波器からの光を増幅して、前記他の伝送路を介して前記分合波器へ出力する第 1 の光増幅器及び光アイソレータと、
光送信器と、

前記第 2 の光分岐の第 3 の端子に接続され、前記光送信器の出力を増幅して前記分合波器へ出力する第 2 の光増幅器とを備え、

20 前記光分合波器に入力された各光を波長多重化して他方の光伝送路へ出力することを特徴とする波長光 ADM 機能を備えた波長多重光中継装置。

【請求項 4】 光伝送路から入力された波長多重信号光を各波長毎に分波するための光分波器と、前記光分波器の出力に接続され波長毎に分離された光を伝送するための複数の光伝送路と、前記複数の光伝送路にそれぞれ接続された光増幅器と、前記光増幅器の出力に接続された光合波器を備え、前記光合波器から光伝送路へ波長多重光を中継増幅して出力することを特徴とする波長多重光中継増幅装置。

30 【請求項 5】 光伝送路から入力された波長多重信号光を複数の波長光を含む複数のグループに分波するための光分波器と、前記光分波器の出力に接続され前記複数のグループに分離された光を伝送するための複数の光伝送路と、前記複数の光伝送路にそれぞれ接続された光増幅器と、前記光増幅器の出力に接続された光合波器を備え、前記光合波器から光伝送路へ前記入力された波長多重光を中継増幅して出力することを特徴とする波長多重光中継増幅装置。

40 【請求項 6】 光伝送路から入力された波長多重光を各波長毎に分波する機能と分波された光を波長多重化して光伝送路に出力する機能を備えた光分合波器と、
一方の光伝送路から入力された波長多重光を、前記光分合波器へ出力し、前記光分合波器から出力された波長多重光を入力して他方の光伝送路へ出力する光サーキュレータと、

前記光分合波器に接続され波長毎に分離された光を伝送するための複数の光伝送路と

前記複数の光伝送路にそれぞれ接続された光増幅器と、

50 前記各光増幅器にそれぞれ接続され、前記各光増幅器で増幅された光を前記光増幅器側へ反射する光反射ミラー

と、を備え、前記一方の光伝送路から入力された波長多重光を増幅して前記他方の光伝送路へ出力することを特徴とする波長多重光中継増幅装置。

【請求項7】 光伝送路から入力された波長多重光を複数の波長光を含む複数のグループに分波する機能と分波された光を波長多重化して光伝送路に出力する機能を備えた光分合波器と、

一方の光伝送路から入力された波長多重光を、前記光分合波器へ出力し、前記光分合波器から出力された波長多重光を入力して他方の光伝送路へ出力する光サーキュレータと、

前記光分合波器に接続され前記複数のグループに分離された光を伝送するための複数の光伝送路と前記複数の光伝送路にそれぞれ接続された光増幅器と、

前記各光増幅器にそれぞれ接続され、前記各光増幅器で増幅された光を前記光増幅器側へ反射する光反射ミラーと、を備え、前記一方の光伝送路から入力された波長多重光を増幅して前記他方の光伝送路へ出力することを特徴とする波長多重光中継増幅装置。

【請求項8】 一方の光伝送路から入力された波長多重光を各波長毎に分波する機能と分波された光を波長多重化して他方の光伝送路に出力する機能を備えた光分合波器と、

前記光分合波器に接続され波長毎に分離された光をそれぞれ伝送する複数の光伝送路と、

第1、第2及び第3の端子を有し、前記複数の光伝送路のそれぞれにその第1の端子が接続された光分岐と、

前記光分岐の前記第1の端子からの光を出力する第2の端子に縦続接続された光増幅器と光アイソレータとを備え、

前記光アイソレータからの出力を、前記複数の光伝送路のうちの他の一つの光伝送路に接続された他の光分岐の第3の端子に入力し、前記他の光伝送路を介して前記分合波器に入力することにより、前記光増幅器により増幅された各波長の光を再度波長多重化して前記他方の光伝送路から出力することを特徴とする波長多重光中継増幅装置。

【請求項9】 一方の光伝送路から入力された波長多重光を複数の波長光を含む複数のグループに分波する機能と分波された光を波長多重化して光伝送路に出力する機能を備えた光分合波器と、

前記光分合波器に接続され前記複数のグループに分離された光をそれぞれ伝送する複数の光伝送路と、

第1、第2及び第3の端子を有し、前記複数の光伝送路のそれぞれにその第1の端子が接続された光分岐と、

前記光分岐の前記第1の端子からの光を出力する第2の端子に縦続接続された光増幅器と光アイソレータとを備え、

前記光アイソレータからの出力を、前記複数の光伝送路のうちの他の一つの光伝送路に接続された他の光分岐の

第3の端子に入力し、前記他の光伝送路を介して前記分合波器に入力することにより、前記光増幅器により増幅された各波長の光を再度波長多重化して前記他方の光伝送路から出力することを特徴とする波長多重光中継増幅装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光通信・光交換における光ADM装置および中継増幅器に関し、特に波長多重信号光を中継増幅する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】一本のファイバ内で波長の異なる信号光を一括伝送する波長多重方式は大容量の光伝送を可能とし、EDFA（エルビウムドープ光ファイバ増幅器）に代表される高利得、高出力の光増幅器の登場により長距離・大容量のファイバ間光伝送が可能となった。信号を中継増幅する際に、その中継局において信号の分岐挿入を行うADM（アッド／ドロップ多重）はより密なネットワーク網を張ることができるため今後ますますの需要が見込まれる。特に信号光を電気信号に変換することなく光のまま信号の分岐挿入を行う光ADMは中継局の規模を小さくすることができ通信の低コスト化に大きく貢献するため注目が集まっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】波長多重光ADMネットワークの構築には以下の問題点がある。光ADMで信号の分岐挿入を行ったあと次ノードに伝送するために信号光は光増幅される。しかし、光増幅器の出力限界により波長多重数が多い場合一波あたりの光出力が制限され伝送距離が短くなる。さらに光ADMの通過ノード数が増えるに従って、多段の光増幅による自然放出光雑音の蓄積、増幅器の利得偏差による波長毎の光レベル差の増大により受信感度が著しく劣化する。

【0004】本発明は上記の従来技術の問題点を解決することを目的としてなされたものである。

【0005】

【発明を解決するための手段】本発明の波長多重光中継増幅装置は、光伝送路から入力された波長多重光を各波長毎に分波するための光分波器と、前記光分波器の出力に接続され波長毎に分離された光を伝送するための複数の光伝送路と、前記複数の光伝送路がそれぞれ第1の光分岐と該第1の光分岐の一の光出力に接続された光受信器と、前記第1の光分岐のもう一方の光出力に接続された第1の光増幅器と、前記第1の光増幅器の光出力に一の光入力に接続された第2の光分岐と、前記第2の光分岐の他の光入力に接続された第2の光増幅器と、前記第2の光増幅器の光入力に接続された光送信器と、前記第2の光分岐の光出力に接続された光合波器とを備え、中継装置において波長光の挿入分岐を行うとともに、前記光合波器から光伝送路へ光増幅された波長多重光を出力

することを特徴としている。

【0006】また、本発明の波長多重光中継増幅装置は、光サーキュレータの光入力に接続された光伝送路と前記光サーキュレータの光入出力に接続された光伝送路と、前記光サーキュレータの光入出力に接続された光伝送路から入力された波長多重光を各波長毎に分波する機能と、分波された光を波長多重化して光伝送路に出力する機能を備えた光分合波器と、前記光分合波器に接続され波長毎に分離された光を伝送するための複数の光伝送路とを備え、前記複数の光伝送路が、それぞれ第1の光分岐と、前記第1の光分岐の一の光出力に接続された光受信器と、前記第1の光分岐の一の光入出力に一の光入出力が接続された第2の光分岐と、前記第2の光分岐の二の光入出力に接続された第1の光増幅器と、前記第1の増幅器に接続された光反射ミラーと、前記第2の光分岐の他の光入力に接続された第2の光増幅器と、前記第2の光増幅器の光入力に接続された光送信器を備え、中継装置において波長光の挿入分岐を行うとともに、前記光分合波器から前記光サーキュレータの光入出力に入力された波長多重光を光増幅して前記光サーキュレータの光出力から光伝送路へ出力することを特徴としている。

【0007】また、本発明の波長多重光中継増幅装置は、光伝送路から入力された波長多重光を各波長毎に分波する機能と分波された光を波長多重化して光伝送路に出力する機能を備えた光分合波器と、前記光分合波器に接続され波長毎に分離された光を伝送するための複数の光伝送路と、前記複数の光伝送路にそれぞれ一の光入出力が接続された第1の光分岐と、前記第1の光分岐の光出力に接続された光受信器と、前記第1の光分岐のもう一方の光入出力に一の光入出力が接続された第2の光分岐と、前記第2の光分岐のもう一方の光入出力に一の光入出力が接続された第3の光分岐と、前記第3の光分岐の光出力に接続された第1の光増幅器と、前記第2の光分岐の光入力に接続された第2の光増幅器と、前記第2の光増幅器の光入力に接続された光送信器と、前記第3の光分岐の光入力にその光出力が接続された光アイソレータとを備え、前記光アイソレータの光出力が前記複数の光伝送路のうち何れかの第3の光分岐の光入力に接続され、前記何れかの第3の光分岐に接続された光伝送路より前記分合波器に入力された光を波長多重化して出力することにより、中継装置において波長光の挿入分岐を行うとともに、前記光合波器から光伝送路へ各波長毎に光増幅された波長多重光を出力することを特徴としている。

【0008】また、本発明による波長多重光中継増幅装置は、光伝送路から入力された波長多重信号光を各波長毎に分波するための光分波器と、前記光分波器の出力に接続され波長毎に分離された光を伝送するための複数の光伝送路と、前記複数の光伝送路に接続された光増幅器と、前記光増幅器の出力に接続された光合波器を備え、

前記光合波器から光伝送路へ光増幅した波長多重光を出力することを特徴としている。

【0009】また、本発明による波長多重光中継増幅装置は、光伝送路に光入力に接続された光サーキュレータと、前記光サーキュレータの光入出力に接続された光伝送路とを備え、前記光入出力に接続された光伝送路から入力された波長多重信号光を各波長毎に分波するための機能と分波された光を波長多重化して光伝送路に出力する機能を備えた光分合波器と、前記光分合波器に接続され波長毎に分離された光を伝送するための複数の光伝送路を備え、前記複数の光伝送路がそれぞれ一の入出力が接続された光増幅器と前記光増幅器の二の入出力に接続された光反射ミラーを備え、前記光分合波器から前記光サーキュレータの入出力に入力された波長多重光を前記光サーキュレータの光出力から各波長毎に光増幅した波長多重光を光伝送路へ出力することを特徴としている。

【0010】また、本発明による波長多重光中継増幅装置は、光伝送路から入力された波長多重光を各波長毎に分波する機能と分波された光を波長多重化して光伝送路に出力する機能を備えた光分合波器と、前記光分合波器に接続され波長毎に分離された光を伝送するための複数の光伝送路とを備え、前記複数の光伝送路がそれぞれ一の入出力に接続された光分岐と、前記光分岐の二の入出力に接続された光増幅器と、前記光増幅器の出力に接続された光アイソレータと、前記光アイソレータの出力が前記複数の光伝送路のうち何れかの光分岐の三の入力に接続され、前記何れかの光分岐に接続された光伝送路より前記分合波器に入力された光を波長多重化して出力することにより、波長多重光を各波長毎に光増幅することを特徴としている。

【0011】本発明は、光ADM通過後の波長多重光の一括光増幅を行わず、光ADMノード内で光分波器により波長毎にそれぞれの光伝送路に分波された信号光を、各伝送路で光増幅し、光合波して次ノードに伝送する。この方法によれば、波長多重光を一括増幅する場合と比較して波長多重後のトータル出力パワーが大きく、かつ各波長の光レベル等価が可能である。また、この方法で用いる光増幅器はゲートスイッチとしての機能も持っているので、ノード内での光の分岐挿入が可能である。

【0012】また、光増幅器から発生する自然放光雑音は、増幅器が多段に接続するにつれ雑音の蓄積となり受信感度が著しく劣化するが、光増幅器の後方に配置した狭透過帯域幅の光合波器が光フィルタとして作用するため自然放光雑音を取り除くことが可能となり、受信感度劣化の少ない光伝送を実現することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の第1の実施の形態を示しており、波長光ADM装置に適用したものである。図1において、光伝送路110には波長1548nm、1550nm、1552nm、1554nmの4つ

の信号光が波長多重されている。これらの光は、アレイ導波路回折格子に代表される光分波器 210 に入力されそれぞれ異なる光伝送路 131~134 に出力される。すなわち、光伝送路 131~134 の各々にはただ一つの波長の光のみが存在する。

【0014】波長光ADMの動作における、通過、分岐、挿入について図1を参照して説明する。まず通過については、光伝送路 131 に出力された 1548 nm の信号光は光増幅器 51 で光増幅された後アレイ導波路回折格子に代表される光合波器 310 に入力される。このとき光増幅器 55 はオフの状態である。次に分岐については、伝送路 131 に出力された 1548 nm の信号光は光分岐 11 に接続された光伝送路 141 に一部が出力されたのち光受信器 71 に入力され受信される。

【0015】また、挿入については、伝送路 131 に出力された 1548 nm の信号光は光増幅器 51 をオフの状態にすることで光増幅器 51 からの出力を遮断する。光送信器 81 から光伝送路 151 に出力された波長 1548 nm の信号光は光増幅器 55 で光増幅された後、光分岐 15 によって光伝送路 131 に接続され光合波器 310 に入力される。

【0016】他の波長の光が流れる光伝送路 132~134 についても同様の構成を介して光合波器 310 に接続され光伝送路 120 に出力される。以上によりノード内で任意波長の光信号分岐挿入が可能となる。出力された波長多重信号光はそれぞれ各波長毎に光増幅されているため一括増幅した場合よりも高出力である。

【0017】また、各波長毎の利得を調整することによって光レベルを等価にすることができる。さらに、光合波器のフィルタ効果により光増幅器の自然放出光雑音およびそれぞれ割り当てられた波長以外の波長が取り除かれるため雑音成分が極めて少ない。従って光伝送可能距離が長くなり、伝送後の受信感度劣化量は著しく改善される。

【0018】図2は、本発明の第2の実施の形態を示しており、同じく波長光ADM装置に適用したものである。図2において、光伝送路 110 には波長 1548 nm、1550 nm、1552 nm、1554 nm の4つの信号光が波長多重されている。これらの光は、光サーキュレータ 60 を通過してアレイ導波路回折格子に代表される光分合波器 410 に入力されそれぞれ異なる光伝送路 131~134 に出力される。すなわち、光伝送路 131~134 の各々にはただ一つの波長の光のみが存在する。

【0019】波長光ADMの動作における、通過、分岐、挿入について図2を参照して説明する。通過については、光伝送路 131 に出力された 1548 nm の信号光は光増幅器 51 で光増幅された後、光反射ミラー 151 により反射され、EDFAゲート等からなる光増幅器 51 を再度通過後、再び光分合波器 410 に入力され

る。このとき光増幅器 55 はオフの状態である。次に分岐については、伝送路 131 に出力された 1548 nm の信号光は光分岐 11 に接続された光伝送路 141 に一部が出力されたのち光受信器 71 に入力され受信される。

【0020】また、挿入については、伝送路 131 に出力された 1548 nm の信号光は光増幅器 51 をオフの状態にすることで光増幅器 51 からの出力を遮断する。光送信器 81 から光伝送路 151 に出力された波長 1548 nm の信号光は光増幅器 55 によって光増幅された後、光分岐 15 によって光伝送路 131 に接続され光分合波器 410 に入力される。

【0021】他の波長の光が流れる光伝送路 132~134 についても同様の構成を介して光分合波器 410 に接続され光伝送路 120 に出力される。波長多重された光は光分合波器に接続された光サーキュレータ 60 を通過して光伝送路 121 に出力される。以上によりノード内で任意波長の光信号分岐挿入が可能となる。出力された波長多重信号光はそれぞれ各波長毎に光増幅されているため一括増幅した場合よりも高出力である。

【0022】また、各波長毎の利得を調整することによって光レベルを等価にすることができる。さらに、光合波器のフィルタ効果により光増幅器の自然放出光雑音およびそれぞれ割り当てられた波長以外の波長が取り除かれるため雑音成分が極めて少ない。従って光伝送可能距離が長くなり、伝送後の受信感度劣化量は著しく改善される。

【0023】図3は、本発明の第3の実施の形態を示しており、同じく波長光ADM装置に適用したものである。図3において、光伝送路 110 には波長 1548 nm、1550 nm、1552 nm、1554 nm の4つの信号光が波長多重されている。これらの光はアレイ導波路回折格子に代表される光分合波器 410 に入力されそれぞれ異なる光伝送路 131~134 に出力される。すなわち、光伝送路 131~134 の各々にはただ一つの波長の光のみが送出される。

【0024】波長光ADMの動作における、通過、分岐、挿入について図3を参照して説明する。通過については、光伝送路 131 に出力された 1548 nm の信号光は光増幅器 51 で光増幅された後、光アイソレータ 91 を経て、分岐比 1:1 の光分岐 171 によって接続された光伝送路 132 を経由して光分合波器 410 に入力される。このとき光増幅器 56 はオフの状態である。次に分岐については、伝送路 131 に出力された 1548 nm の信号光は光分岐 11 に接続された光受信器 71 に入力され受信される。

【0025】また、挿入については、伝送路 131 に出力された 1548 nm の信号光は光増幅器 51 をオフの状態にすることで光増幅器からの出力を遮断する。光送信器 81 から出力された 1548 nm の信号光は光増幅

器56によって光増幅された後、光分岐16によって光伝送路132に接続され光分合波器410に入力される。

【0026】他の波長の光が流れる光伝送路132～134についても同様の構成を介して光分合波器410に接続され光伝送路120に出力される。以上によりノード内で任意波長の光信号分岐挿入が可能となる。出力された波長多重信号光はそれぞれ各波長毎に光増幅されているため一括増幅した場合よりも高出力である。また、各波長毎の利得を調整することによって光レベルを等価にすることができる。さらに、光合波器のフィルタ効果により光増幅器の自然放光雑音およびそれぞれ割り当てられた波長以外の波長が取り除かれるため雑音成分が極めて少ない。従って光伝送可能距離が長くなり、伝送後の受信感度劣化量は著しく改善される。

【0027】図4は、本発明の第4の実施の形態を示しており、第1の実施の形態における分岐、挿入を省略して、光中継増幅のみを行う装置に適用したものである。図4において、光伝送路110には波長1548nm、1550nm、1552nm、1554nmの4つの信号光が波長多重されている。これらの光はアレイ導波路回折格子に代表される光分波器210に入力されそれぞれ異なる光伝送路131～134に出力される。すなわち、光伝送路131～134の各々にはただ一つの波長の光のみが存在する。

【0028】光伝送路131に出力された1548nmの信号光は光増幅器51で光増幅された後、光合波器310に入力される。他の波長の光が流れる光伝送路132～134についても同様の構成を介して光合波器310に接続され光伝送路120に出力される。出力された波長多重信号光はそれぞれ各波長毎に光増幅されているため一括増幅した場合よりも高出力である。また、各波長毎の利得を調整することによって光レベルを等価にすることができる。さらに、光合波器のフィルタ効果により光増幅器の自然放光雑音およびそれぞれ割り当てられた波長以外の波長が取り除かれるため雑音成分が極めて少ない。従って光伝送可能距離が長くなり、伝送後の受信感度劣化量は著しく改善される。

【0029】図5は、本発明の第5の実施の形態を示しており、光中継増幅装置に適用したものである。図5において、光伝送路110には波長1548nm、1550nm、1552nm、1554nmの4つの信号光が波長多重されている。これらの光はアレイ導波路回折格子に代表される光分波器210に入力されそれぞれ異なる光伝送路131、132に出力される。光分波器のポート毎の透過帯域幅を広くとっているため、光伝送路131、132の各々に二つの波長の光が存在する。光伝送路131に出力された1548nm、1550nmの信号光は光増幅器51で光増幅された後、光合波器310に入力される。他の波長1552nm、1554nm

の信号光が流れる光伝送路132についても同様の構成を介して光合波器310に接続され光伝送路120に出力される。

【0030】出力された波長多重信号光は2波毎に光増幅されているため一括増幅した場合よりも高出力である。中継増幅器では波長毎の分岐挿入を必要としないためこのような構成を取ることが可能であり、光増幅器の個数を減らすことができる。また、各光増幅器の利得を調整することによって光レベルを等価にすることができる。さらに、光合波器のフィルタ効果により光増幅器の自然放光雑音およびそれぞれ割り当てられた以外の波長が取り除かれるため雑音成分も少ない。従って光伝送可能距離が長くなり、伝送後の受信感度劣化量も改善される。

【0031】図6は、本発明の第6の実施の形態を示しており、光中継増幅装置に適用したものである。図6において、光伝送路110には波長1548nm、1550nm、1552nm、1554nmの4つの信号光が波長多重されている。これらの光はアレイ導波路回折格子に代表される光分波器210に入力されそれぞれ異なる光伝送路131、132に出力される。光分波器の出力ポート数を2としているため、光伝送路131、132の各々に二つの波長の光が存在する。すなわち光伝送路131に出力される光は波長1548nmと1552nm、光伝送路132に出力される光は波長1550nm、1554nmとなる。光伝送路131に出力された信号光は光増幅器51で光増幅された後、光合波器310に入力される。他の波長の光が流れる光伝送路132についても同様の構成を介して光合波器310に接続され光伝送路120に出力される。

【0032】出力された波長多重信号光は2波毎に光増幅されているため一括増幅した場合よりも高出力である。中継増幅器では波長毎の分岐挿入を必要としないためこのような構成を取ることが可能で光増幅器の個数を減らすことができる。また、各光増幅器の利得を調整することによって光レベルを等価にすることができる。更に、光合波器のフィルタ効果により光増幅器の自然放光雑音およびそれぞれ割り当てられた波長以外の波長が取り除かれるため雑音成分が極めて少ない。従って光伝送可能距離が長くなり、伝送後の受信感度劣化量は改善される。

【0033】図7は、本発明の第7の実施の形態を示しており、光中継増幅装置に適用したものである。図7において、光伝送路110には波長1548nm、1550nm、1552nm、1554nmの4つの信号光が波長多重されている。これらの光は、光サーキュレータ60を通過してアレイ導波路回折格子に代表される光分合波器410に入力されそれぞれ異なる光伝送路131～134に出力される。すなわち、光伝送路131～134の各々にはただ一つの波長の光のみが存在する。光

伝送路 131 に出力された 1548 nm の信号光は光増幅器 51 で光増幅された後、光反射ミラー 161 により反射され、EDFA ゲート等からなる光増幅器 51 を再度通過後、再び光分合波器 410 に入力される。

【0034】他の波長の光が流れる光伝送路 132 ~ 134 についても同様の構成を介して光分合波器 410 に接続され光伝送路 120 に出力される。波長多重された光は光分合波器に接続された光サーキュレータ 60 を通過して光伝送路 121 に出力される。出力された波長多重信号光はそれぞれ各波長毎に光増幅されているため一括増幅した場合よりも高出力である。

【0035】また、各波長毎の利得を調整することによって光レベルを等価にすることができる。さらに、光合波器のフィルタ効果により光増幅器の自然放光雑音およびそれぞれ割り当てられた波長以外の波長が取り除かれるため雑音成分が極めて少ない。従って光伝送可能距離が長くなり、伝送後の受信感度劣化量は著しく改善される。

【0036】図 8 は、本発明の第 8 の実施の形態を示しており、光中継増幅装置に適用したものである。図 8 において、光伝送路 110 には波長 1548 nm、1550 nm、1552 nm、1554 nm の 4 つの信号光が波長多重されている。これらの光はアレイ導波路回折格子に代表される光分合波器 410 に入力されそれぞれ異なる光伝送路 131 ~ 134 に出力される。すなわち、光伝送路 131 ~ 134 の各々にはただ一つの波長の光のみが送出される。

【0037】光伝送路 131 に出力された 1548 nm の信号光は光増幅器 51 で光増幅された後、光アイソレータ 91 を経て、分岐比 1 : 1 の光分岐 171 によって接続された光伝送路 132 を経由して光分合波器 410 に入力される。他の波長の光が流れる光伝送路 132 ~ 134 についても同様の構成を介して光分合波器 410 に接続され光伝送路 120 に出力される。

【0038】出力された波長多重信号光はそれぞれ各波長毎に光増幅されているため一括増幅した場合よりも高出力である。また、各波長毎の利得を調整することによって光レベルを等価にすることができる。さらに、光合波器のフィルタ効果により光増幅器の自然放光雑音およびそれぞれ割り当てられた波長以外の波長が取り除かれるため雑音成分が極めて少ない。従って光伝送可能距離が長くなり、伝送後の受信感度劣化量は著しく改善される。

【0039】図 9 は、本発明の第 9 の実施の形態を示しており、光中継増幅装置に適用したものである。図 9 において、光伝送路 110 には波長 1548 nm、1550 nm、1552 nm、1554 nm の 4 つの信号光が波長多重されている。これらの光は、光サーキュレータ 60 を通過してアレイ導波路回折格子に代表される光分合波器 410 に入力されそれぞれ異なる光伝送路 13

1、132 に出力される。光分波器のポート毎の透過帯域幅を広くとっているため、光伝送路 131、132 の各々に二つの波長の光が存在する。

【0040】光伝送路 131 に出力された 1548 nm、1550 nm の信号光は光増幅器 51 で光増幅された後、光反射ミラー 161 により反射され、EDFA ゲート等からなる光増幅器 51 を再度通過後、再び光分合波器 410 に入力される。他の波長 1552 nm、1554 nm の信号光が流れる光伝送路 132 についても同様の構成を介して光分合波器 410 に入力され光伝送路 120 に出力される。波長多重された光は光分合波器 410 に接続された光サーキュレータ 60 を通過して光伝送路 121 に出力される。

【0041】出力された波長多重信号光は 2 波毎に光増幅されているため一括増幅した場合よりも高出力である。中継増幅器では波長毎の分岐挿入を必要としないためこのような構成を取ることが可能であり、光増幅器の個数を減らすことができる。また、各光増幅器の利得を調整することによって光レベルを等価にすることができる。さらに、光合波器のフィルタ効果により光増幅器の自然放光雑音およびそれぞれ割り当てられた以外の波長が取り除かれるため雑音成分も少ない。従って光伝送可能距離が長くなり、伝送後の受信感度劣化量も改善される。

【0042】図 10 は、本発明の第 10 の実施の形態を示しており、光中継増幅装置に適用したものである。図 10 において、光伝送路 110 には波長 1548 nm、1550 nm、1552 nm、1554 nm の 4 つの信号光が波長多重されている。これらの光は、光サーキュレータ 60 を通過してアレイ導波路回折格子に代表される光分合波器 410 に入力されそれぞれ異なる光伝送路 131、132 に出力される。光分波器のポート毎の透過帯域幅を広くとっているため、光伝送路 131、132 の各々に二つの波長の光が存在する。

【0043】光伝送路 131 に出力された 1548 nm、1552 nm の信号光は光増幅器 51 で光増幅された後、光反射ミラー 161 により反射され、EDFA ゲート等からなる光増幅器 51 を再度通過後、再び光分合波器 410 に入力される。他の波長 1550 nm、1554 nm の信号光が流れる光伝送路 132 についても同様の構成を介して光分合波器 410 に入力され光伝送路 120 に出力される。波長多重された光は光分合波器 410 に接続された光サーキュレータ 60 を通過して光伝送路 121 に出力される。

【0044】出力された波長多重信号光は 2 波毎に光増幅されているため一括増幅した場合よりも高出力である。中継増幅器では波長毎の分岐挿入を必要としないためこのような構成を取ることが可能であり、光増幅器の個数を減らすことができる。また、各光増幅器の利得を調整することによって光レベルを等価にすることができ

る。さらに、光合波器のフィルタ効果により光増幅器の自然放出光雑音およびそれぞれ割り当てられた以外の波長が取り除かれるため雑音成分も少ない。

【0045】図11は、本発明の第11の実施の形態を示しており、光中継増幅装置に適用したものである。図11において、光伝送路110には波長1548nm、1550nm、1552nm、1554nmの4つの信号光が波長多重されている。光伝送路131に出力された1548nm、1550nmの信号光は光増幅器51で光増幅された後、光アイソレータ91を経て、分岐比1:1の光分岐171によって接続された光伝送路132を経由して光分合波器410に入力される。他の波長1552nm、1554nmの信号光が流れる光伝送路132についても同様の構成を介して光分合波器410に入力され光伝送路120に出力される。

【0046】出力された波長多重信号光は2波毎に光増幅されているため一括増幅した場合よりも高出力である。中継増幅器では波長毎の分岐挿入を必要としないためこのような構成を取ることが可能であり、光増幅器の個数を減らすことができる。また、各光増幅器の利得を調整することによって光レベルを等価にすることができる。さらに、光合波器のフィルタ効果により光増幅器の自然放出光雑音およびそれぞれ割り当てられた以外の波長が取り除かれるため雑音成分も少ない。

【0047】図12は、本発明の第12の実施の形態を示しており、光中継増幅装置に適用したものである。図12において、光伝送路110には波長1548nm、1550nm、1552nm、1554nmの4つの信号光が波長多重されている。光伝送路131に出力された1548nm、1552nmの信号光は光増幅器51で光増幅された後、光アイソレータ91を経て、分岐比1:1の光分岐171によって接続された光伝送路132を経由して光分合波器410に入力される。他の波長1550nm、1554nmの信号光が流れる光伝送路132についても同様の構成を介して光分合波器410に入力され、波長多重されて光伝送路120に出力される。

【0048】図11の場合と同様に、出力された波長多重信号光は2波毎に光増幅されているため一括増幅した場合よりも高出力である。中継増幅器では波長毎の分岐挿入を必要としないためこのような構成を取ることが可能であり、光増幅器の個数を減らすことができる。また、各光増幅器の利得を調整することによって光レベルを等価にすることができる。さらに、光合波器のフィルタ効果により光増幅器の自然放出光雑音およびそれぞれ割り当てられた以外の波長が取り除かれるため雑音成分も少ない。

【0049】なお、本発明の実施の形態では波長多重数が4の場合について説明しているが、波長多重数は4に限定されるものではなく、8、16、32、64など任

意の波長数に設定できる。また、入力光の波長も、1550nm帯に限定されるものではなく1300nm帯など自由に設定できる。また信号速度については特に限定されるものではなく、2.5Gbps、5Gbps、10Gbpsとビットレートフリーの設定が可能である。

【0050】また、光分波、合波、合分波器として、アレイ導波路回折格子を例に挙げて説明しているが、同等の機能を有するグレーティング構造をもつ波長ルータ、波長MUXカプラーあるいは、光分岐と干渉膜フィルターの組み合わせなどで同等の機能を有するものであれば同等の効果が期待できる。また、アレイ導波路回折格子などに代表される前記光分波、光合波、光分合波器は、波長により挿入損失が異なるため適宜各導波路に光減衰器を挿入して光レベルの等価を行うことも可能である。また、各光増幅器の利得を制御もしくは、第2の実施の形態に記載した光反射ミラーの反射率を制御して各波長毎に光レベル等価を行うことも可能である。

【0051】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば波長多重光を光分波器で各波長毎に分波し、それぞれ光増幅を行った後、光合波する光中継増幅装置を使用しているので、波長多重数が増加した場合においても一波あたりの信号光出力を制限することがないため、中継間隔の長距離化が可能となる。また、光増幅器の利得偏差による波長毎の光レベル差を生じないようにして光中継できるため、多段中継が可能となる。

【0052】また、光増幅器より発生する自然放出光雑音を後方に配置した狭透過帯域幅の光分波器等により除去しているので、多段中継増幅後の受信感度劣化を抑制することができる。さらに、信号光を電気信号に変換することなく光のまま、大容量・長距離伝送することが可能となり、伝送コストの低減にも大きく貢献することができる。

【0053】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態を示す図である。

【図2】本発明の第2の実施の形態を示す図である。

【図3】本発明の第3の実施の形態を示す図である。

【図4】本発明の第4の実施の形態を示す図である。

【図5】本発明の第5の実施の形態を示す図である。

【図6】本発明の第6の実施の形態を示す図である。

【図7】本発明の第7の実施の形態を示す図である。

【図8】本発明の第8の実施の形態を示す図である。

【図9】本発明の第9の実施の形態を示す図である。

【図10】本発明の第10の実施の形態を示す図である。

【図11】本発明の第11の実施の形態を示す図である。

【図12】本発明の第12の実施の形態を示す図である。

16

110、120、121、131~134、141~1

44、151～154光伝送路

161~164 光反射ミラー

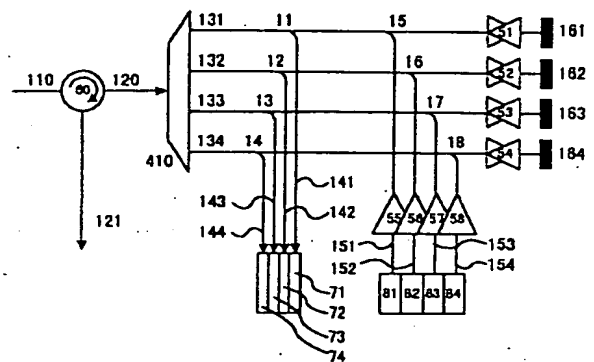
210 光分波器

3 1 0 光合波器

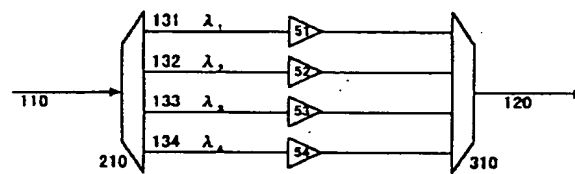
4 1 0 光分合波器

4 1 0 光分合波器

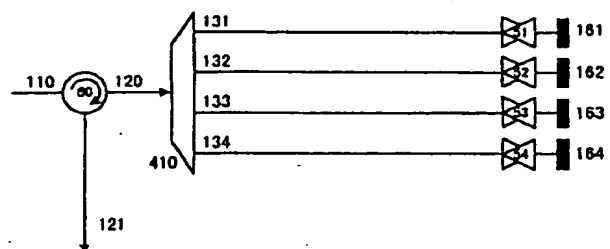
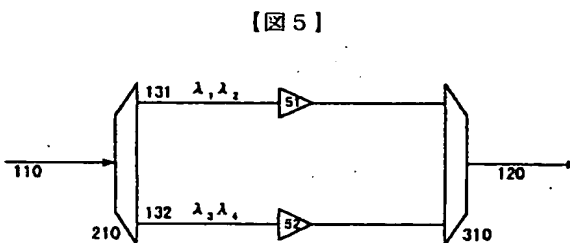
【図 2】



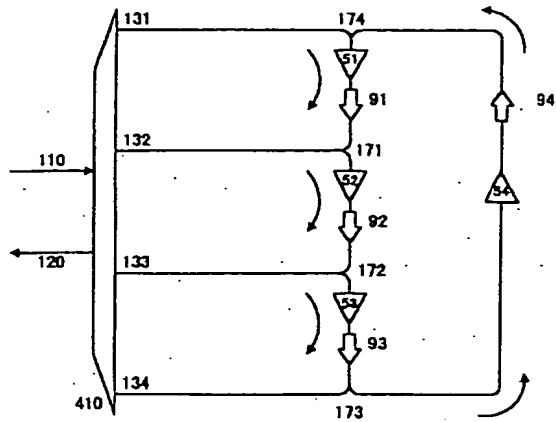
【図 4】



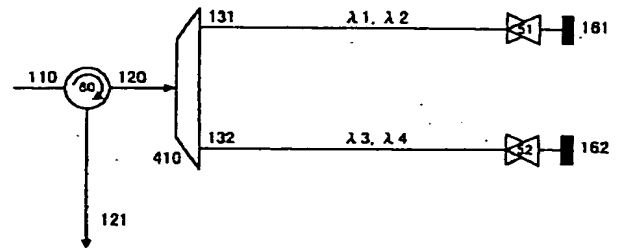
【圖 7】



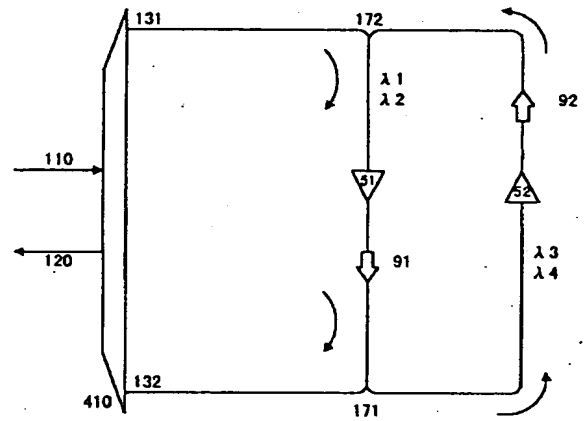
【図 8】



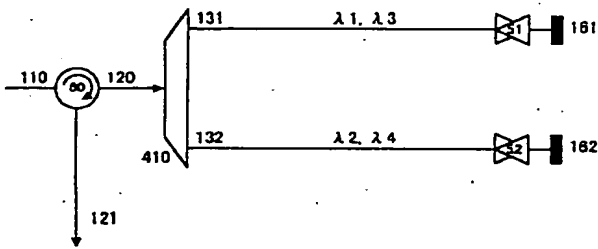
【図 9】



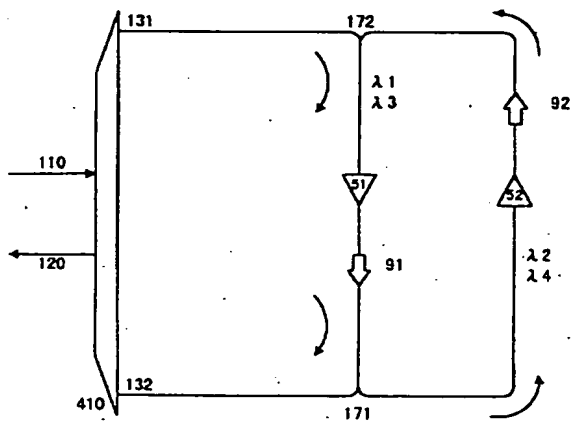
【図 11】



【図 10】



【図 12】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

識別記号

F I

H 0 4 J 14/02